

## Article

### Élaboration d'un modèle de microsimulation de l'activité physique représentatif de la population canadienne

par Claude Nadeau, Suzy L. Wong, William M. Flanagan,  
Jillian Oderkirk, Doug Manuel, Ronald Wall  
et Mark S. Tremblay

Octobre 2013



Statistique  
Canada

Statistics  
Canada

Canada

## Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à [www.statcan.gc.ca](http://www.statcan.gc.ca).

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

**Courriel** à [infostats@statcan.gc.ca](mailto:infostats@statcan.gc.ca)

**Téléphone** entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros sans frais suivants :

- |   |                |
|---|----------------|
| • Service de renseignements statistiques                                    | 1-800-263-1136 |
| • Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants | 1-800-363-7629 |
| • Télécopieur   | 1-877-287-4369 |

## Programme des services de dépôt

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| Service de renseignements | 1-800-635-7943 |
| Télécopieur               | 1-800-565-7757 |

## Comment accéder à ce produit

Le produit n° 82-003-X, au catalogue est disponible gratuitement sous format électronique. Pour obtenir un exemplaire, il suffit de visiter notre site Web à [www.statcan.gc.ca](http://www.statcan.gc.ca) et de parcourir par « Ressource clé » > « Publications ».

## Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site [www.statcan.gc.ca](http://www.statcan.gc.ca) sous « À propos de nous » > « Notre organisme » > « Offrir des services aux Canadiens ».

Publication autorisée par le ministre responsable de  
Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2013

Tous droits réservés. L'utilisation de la présente  
publication est assujettie aux modalités de l'entente  
de licence ouverte de Statistique Canada  
(<http://www.statcan.gc.ca/reference/licence-fra.html>).

This publication is also available in English.

## Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, ses entreprises, ses administrations et les autres établissements. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

## Signes conventionnels

Les signes conventionnels suivants sont employés dans les publications de Statistique Canada :

- |                |   |
|----------------|---|
| .              | indisponible pour toute période de référence  |
| ..             | indisponible pour une période de référence précise  |
| ...            | n'ayant pas lieu de figurer   |
| 0              | zéro absolu ou valeur arrondie à zéro   |
| 0 <sup>s</sup> | valeur arrondie à 0 (zéro) là où il y a une distinction importante entre le zéro absolu et la valeur arrondie |
| D              | provisoire  |
| r              | révisé  |
| x              | confidentiel en vertu des dispositions de la <i>Loi sur la statistique</i>                                    |
| ±              | à utiliser avec prudence  |
| F              | trop peu fiable pour être publié  |
| *              | valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ( $p < 0,05$ )             |

# Élaboration d'un modèle de microsimulation de l'activité physique représentatif de la population canadienne

par Claude Nadeau, Suzy L. Wong, William M. Flanagan, Jillian Oderkirk, Doug Manuel, Ronald Wall et Mark S. Tremblay

## Résumé

### Contexte

La modélisation par simulation informatique permet de faire des projections quant aux niveaux d'activité physique et à la prévalence des résultats connexes en matière de santé.

### Données et méthodes

La plateforme du Modèle de santé de la population (POHEM) a été utilisée pour élaborer un modèle de microsimulation dynamique de l'activité physique chez les adultes canadiens. Les paramètres clés ont été tirés de l'Enquête nationale sur la santé de la population (de 1994-1995 à 2006-2007) et de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2000-2001.

### Résultats

Les tendances au fil du temps des niveaux d'activité physique, de la prévalence des maladies chroniques et du *Health Utilities Index* fondées sur les projections du POHEM-PA étaient similaires à celles basées sur les données tirées de cycles subséquents de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes.

### Interprétation

L'ajout d'un module de l'activité physique au POHEM fournit un outil permettant une meilleure compréhension de la dynamique complexe qui sous-tend le lien entre l'activité physique et les résultats en matière de santé à mesure que la population vieillit.

## Mots-clés

Maladie chronique, modèles informatiques, simulation informatique, prévision, planification des soins de santé, enquêtes sur la santé, espérance de vie, projections et prédictions, qualité de vie.

## Auteurs

Claude Nadeau (613-951-5510, claud.nadeau@statcan.gc.ca), Suzy L. Wong (613-951-4774, suzy.wong@statcan.gc.ca), William M. Flanagan (613-951-6930, william.flanagan@statcan.gc.ca) et Doug Manuel font partie de la Division de l'analyse de la santé, Statistique Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0T6, et Jillian Oderkirk était auparavant au service de cette division. Doug Manuel travaille également à l'Institut de recherche de l'Hôpital d'Ottawa, à l'Université d'Ottawa et à l'*Institute for Clinical Evaluative Studies*. Ronald Wall est au service de l'Agence de la santé publique du Canada. Mark S. Tremblay travaille à l'Institut de recherche du Centre hospitalier pour enfants de l'est de l'Ontario.

Bien qu'il soit généralement admis que la pratique d'une activité physique régulière est bonne pour la santé<sup>1-3</sup>, le pourcentage de Canadiens adultes qui suivent les recommandations à cet égard est estimé à seulement 15 %<sup>4</sup>. Une meilleure compréhension de la dynamique complexe qui sous-tend le lien entre les niveaux d'activité physique au sein de la population et les résultats en matière de santé est utile à l'élaboration de politiques et de programmes permettant d'accroître l'activité physique.

Parce qu'elle permet d'intégrer les données sur les conditions actuelles, les tendances socio-économiques et démographiques, les maladies multiples et les facteurs de risque ainsi que les changements possibles dans les politiques et les programmes, la modélisation par simulation informatique est utilisée depuis des décennies pour élaborer la politique en matière de santé de la population et de soins de santé<sup>5-7</sup>. Les projections tirées de simulations informatiques peuvent fournir des tendances de base, telles que la prévalence future d'une maladie, en supposant l'absence d'interventions

autres que les politiques et pratiques existantes, et permettre d'explorer des scénarios de simulation qui modifient les hypothèses de base dans une population donnée.

La simulation informatique a été appliquée à une vaste gamme de résultats en matière de santé et de politiques sur la santé<sup>5-7</sup>. Par exemple, la modélisation a été utilisée pour soutenir les efforts de planification préalable en cas d'épidémie en fournissant des projections de l'incidence et de la prévalence des maladies infectieuses fondées sur les schémas de contact, le mode de transmission, la

période d'incubation et les vecteurs<sup>8</sup>. Des modèles ont examiné l'incidence du dépistage du cancer sur la morbidité et la mortalité<sup>9,10</sup>. Des modèles de politique en matière de soins de santé ont été utilisés pour évaluer comment la couverture des personnes non assurées aux États-Unis influencerait sur l'utilisation des services de santé et les coûts de ces services<sup>6</sup>. Des modèles ont également été créés pour estimer la prévalence, l'incidence et les résultats de problèmes de santé chroniques, tels que l'obésité<sup>11</sup>, le diabète<sup>12,13</sup> et les maladies cardio-vasculaires<sup>14</sup>.

Bien qu'il existe de nombreux modèles de simulation informatique pour un grand nombre d'applications, ceux-ci sont conçus pour répondre à des questions précises au sujet de populations précises. Par exemple, un modèle conçu pour prédire la prévalence de l'obésité aux États-Unis ne peut pas être utilisé pour prédire la prévalence de l'obésité au Canada.

Afin de soutenir les politiques et les programmes sur la santé et y contribuer, on a élaboré un modèle de simulation informatique de l'activité physique pour la population adulte canadienne à partir des données longitudinales de l'Enquête nationale sur la santé de la population et des données transversales de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes. Ce modèle est basé sur la plateforme du Modèle de santé de la population (POHEM), élaboré par Statistique Canada.

Le présent article donne un aperçu du POHEM et une description des ajouts qui y ont été faits pour créer le module de l'activité physique (POHEM-PA). Ces ajouts comprennent l'évolution du niveau d'activité physique dans le temps et la relation entre les niveaux d'activité physique et l'espérance de vie ajustée sur la santé, l'espérance de vie et l'apparition de certains problèmes de santé chroniques. Des estimations tirées de projections obtenues par simulation sont comparées avec des données d'enquête représentatives à l'échelle nationale, fournissant ainsi une indication de la validité du POHEM-PA.

## **Modèle de santé de la population (POHEM)**

Le POHEM est un modèle longitudinal, fondé sur des données empiriques, de microsimulation des maladies et des facteurs de risque, qui permet de représenter la dynamique du cycle de vie de la population canadienne<sup>15</sup>. Les applications antérieures comprennent des modèles servant à évaluer les coûts et le rapport coût-efficacité d'approches diagnostiques, thérapeutiques et préventives pour le cancer du poumon<sup>16,17</sup> et le cancer du sein<sup>18,19</sup>, à examiner l'incidence du dépistage du cancer colorectal sur la mortalité, le rapport coût-efficacité et les besoins en ressources<sup>10</sup>; et à quantifier le fardeau que représente l'ostéoarthrite pour la santé et l'économie, qui est associé aux changements dans les facteurs de risque et les traitements<sup>20</sup>. Le POHEM a également été utilisé par d'autres pays, notamment pour évaluer les coûts directs au cours de la vie du cancer du sein métastatique aux États-Unis<sup>21</sup> et les bienfaits retirés des interventions visant à réduire le tabagisme pendant la grossesse en Nouvelle-Zélande<sup>22</sup>.

Le POHEM est un outil de microsimulation de Monte Carlo en temps continu dans lequel l'unité d'analyse de base est la personne. La simulation dynamique consiste à recréer la population canadienne à un moment donné dans le temps et à la faire vieillir, une personne à la fois, jusqu'au décès. La trajectoire de vie des personnes simulées individuellement se déroule sous la forme d'une exposition à une multitude d'événements de la vie, tels que l'initiation et la cessation de l'usage du tabac, les changements touchant le niveau d'activité physique et la masse corporelle, ainsi que la manifestation et l'évolution de maladies. Le POHEM intègre des distributions de données et des équations provenant de diverses sources, dont des enquêtes transversales et longitudinales représentatives de la population nationale ainsi que des statistiques de l'état civil et des registres du cancer.

## **Module de l'activité physique du Modèle de santé de la population**

Le module de l'activité physique (POHEM-PA) prévoit au départ une population initiale représentant la population canadienne à domicile âgée de 18 ans ou plus en 2001 et ajoute des expositions à des risques sociodémographiques et sanitaires, comme l'activité physique et l'état de santé actuel. Une étape clé de la construction du modèle a été l'élaboration d'équations permettant de projeter cette population initiale dans le temps, en simulant la façon dont les personnes évolueront avec les années. Une fois que le modèle a été construit, les résultats et les décès ont été étalonnés selon des données n'ayant pas été utilisées pour construire le modèle. Afin d'évaluer la plausibilité du modèle, on a comparé les projections avec les données observées de 2001 à 2009.

Les équations supplémentaires nécessaires au module de l'activité physique ont été tirées de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et de l'Enquête nationale sur la santé de la population (ENSP). De nombreuses composantes de l'ESCC et de l'ENSP étaient identiques, ce qui a apporté une certaine cohérence dans l'évaluation des données et les définitions. Il a ainsi été plus facile de charger l'information pertinente provenant d'une évaluation transversale de la population (cycle 1.1 de l'ESCC) et d'utiliser les équations construites à partir des données longitudinales de l'ENSP pour simuler la façon dont les personnes évolueront au fil du temps.

## **Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes**

Tous les deux ans, l'ESCC est menée auprès d'un échantillon transversal représentatif de la population à domicile de 12 ans ou plus excluant les pensionnaires d'établissements institutionnels dans l'ensemble des provinces et territoires. Sont exclus les membres à temps



# Elaboration d'un modèle de microsimulation de l'activité physique représentatif de la population canadienne • Coup d'œil méthodologique

plein des Forces canadiennes et les résidents des bases militaires ainsi que les habitants des réserves indiennes et de certaines régions éloignées. Le plan de sondage, l'échantillon et les méthodes d'interview sont décrits plus en détail dans d'autres documents<sup>23, 24</sup>.

La population de départ pour le POHEM-PA est basée sur les données tirées du cycle 1.1 de l'ESCC (réalisé en 2000-2001;  $n > 100\ 000$ ; limité, pour le modèle, aux personnes de 18 ans ou plus). Les poids de sondage de l'ESCC sont appliqués aux données afin de recréer la population canadienne dans la simulation. Un certain nombre d'enregistrements ont été exclus à cause

de données manquantes qu'il n'était pas possible d'imputer raisonnablement; l'ensemble de données réduit a été repondéré afin qu'il soit représentatif de la population en 2001.

Le chargement des données sur la population de départ d'après l'ESCC a pour avantage de fournir un ensemble cohérent de variables propres aux personnes à un même point dans le temps : sexe, groupe d'âge, province de résidence, niveau de scolarité, quartile de revenu, indice de masse corporelle (IMC), usage du tabac, consommation d'alcool, diverses mesures de l'activité physique, problèmes de santé chroniques et indice de l'état de santé *Health Utilities*

*Index Mark 3* (HUI3, une mesure de la qualité de vie liée à la santé<sup>25</sup>). Afin de valider les projections du POHEM-PA avec des données n'ayant pas servi à élaborer le modèle, on a utilisé des données représentatives à l'échelle nationale tirées de cycles subséquents de l'ESCC, soit les cycles 2.1 (2002-2003), 3.1 (2004-2005), 4.1 (2006-2007) et 5.1 (2008-2009).

## Enquête nationale sur la santé de la population

La composante longitudinale de l'ENSP est conçue pour suivre un groupe de répondants sélectionnés au hasard en 1994-1995 de façon à ce qu'ils soient

**Tableau 1**  
Covariables comprises dans la modélisation de l'activité physique, des problèmes de santé chroniques, du *Health Utilities* Index et de la mortalité

Covariable	Variant dans le temps	Activité physique globale	Se déplace à vélo aux fins de transport	Se déplace à pied aux fins de transport	Activité physique durant les loisirs	Hypertension	Diabète	Maladies cardiaques	Cancer	Health Utilities Index	Mortalité
Année civile	Oui	✓		✓	✓	✓	✓✓	✓	✓		✓
Région (Atlantique, Québec, Ontario, Prairies, Colombie-Britannique)	Non	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓
Sexe	Non	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓
Âge (groupes de 5 ans)	Oui	✓				✓	✓✓	✓✓	✓✓		✓
Âge (groupes de 10 ans)	Oui		✓	✓	✓					✓	
Âge (terme linéaire après 85 ans)	Oui	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓		✓
Autochtone	Non		✓			✓			✓		✓
Race (non blanche)	Non		✓		✓	✓	✓✓	✓	✓✓		✓
Usage du tabac (jamais, ancien fumeur, fumeur actuel)	Oui	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Consommation d'alcool (jamais, ancien buveur, petit buveur, buveur modéré, grand buveur)	Non			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Niveau de scolarité (études secondaires partielles, diplôme d'études secondaires, études postsecondaires partielles, diplôme d'études postsecondaires)	Oui	✓		✓	✓					✓	
Quartile de revenu (1 <sup>er</sup> , 2 <sup>e</sup> , 3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> )	Oui	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
IMC (<18,5, ≥18,5 à <25, ≥25 à <30, ≥30 à <35, ≥35)	Oui	✓	✓		✓	✓✓	✓	✓	✓		✓
IMC (<18,5, ≥18,5 à <25, ≥25 à <30, ≥30)	Oui									✓	
Hypertension	Oui						✓	✓✓	✓	✓	✓
Diabète	Oui	✓				✓✓		✓	✓✓	✓	✓
Maladies cardiaques	Oui	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Cancer	Oui					✓	✓	✓		✓	✓
Activité physique globale	Oui	✓		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓
Se déplace à pied aux fins de transport	Oui	✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓
Se déplace à vélo aux fins de transport	Oui		✓	✓	✓			✓			✓
Activité physique durant les loisirs	Oui	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓

✓ = utilisée uniquement dans l'équation de l'incidence

✓✓ = utilisée dans les équations de l'incidence et de la rémission

... n'ayant pas lieu de figurer

**Nota :** Les coefficients pour les covariables peuvent être obtenus sur demande.

représentatifs de la population canadienne à domicile vivant dans les dix provinces à ce moment-là. Sont exclus les membres à temps plein des Forces canadiennes et les résidents des bases militaires, ainsi que les habitants des réserves indiennes, des établissements de soins de santé et de certaines régions éloignées. Les 17 276 répondants du panel initial sont interviewés de nouveau tous les deux ans. Le plan de sondage, l'échantillon et les méthodes d'interview de l'ENSP sont décrits plus en détail dans d'autres documents<sup>26-28</sup>.

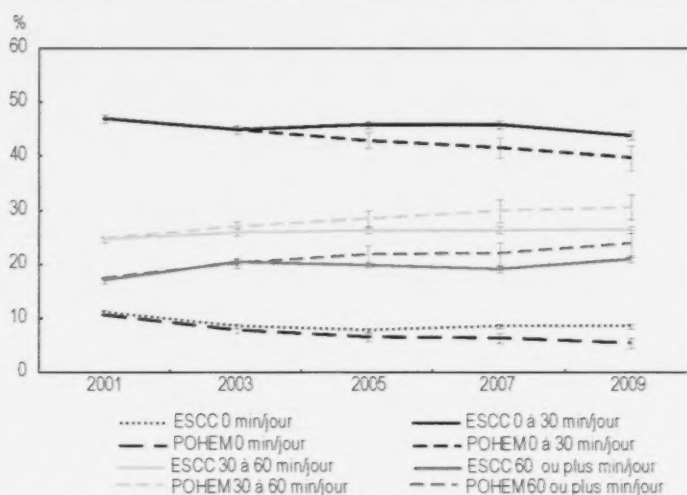
Les données provenant des sept premiers cycles de l'ENSP (de 1994-1995 à 2006-2007) ont servi à formuler les équations décrivant la façon dont la dynamique de l'activité physique et ses liens avec l'apparition du diabète, de l'hypertension, des maladies cardiaques et du cancer et avec la mortalité évoluent dans le temps au niveau des personnes. Pour élaborer le POHEM-PA, on s'est servi des poids bootstrap de l'ENSP pour prendre en compte l'incertitude concernant les coefficients du modèle. On a utilisé 40 répliques bootstrap, chacune d'elles ayant donné lieu à son propre ensemble d'équations qui étaient aussi plausibles les unes que les autres, compte tenu des données disponibles. On a effectué une simulation pour chaque réplique bootstrap (c'est-à-dire pour chaque ensemble d'équations), puis calculé la moyenne de ces simulations pour produire les estimations tirées des projections du POHEM-PA.

## Données de calage

Les taux d'incidence du cancer ont été ajustés en fonction des données de la base de données du Registre canadien du cancer<sup>29</sup>. Les taux de mortalité ont été ajustés en fonction des projections démographiques de Statistique Canada pour 2000 à 2026<sup>30</sup>.

Figure 1a

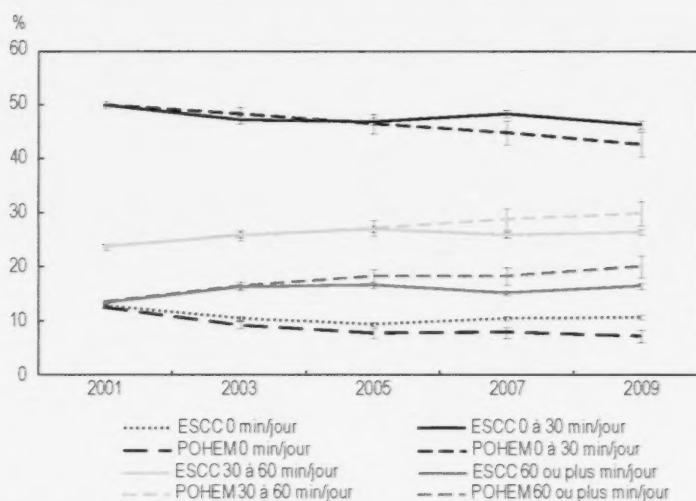
Répartition estimée de divers niveaux d'activité physique durant les loisirs chez les hommes, Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et simulation selon le Modèle de santé de la population (POHEM-PA), population à domicile âgée de 18 ans ou plus, Canada (excluant les territoires), 2001 à 2009



Nota : Les moustaches représentent un intervalle de confiance de 95 %.

Figure 1b

Répartition estimée de divers niveaux d'activité physique durant les loisirs chez les femmes, Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et simulation selon le Modèle de santé de la population (POHEM-PA), population à domicile âgée de 18 ans ou plus, Canada (excluant les territoires), 2001 à 2009



Nota : Les moustaches représentent un intervalle de confiance de 95 %.

## Variables dépendantes

Une courte description de la modélisation des variables dépendantes est présentée ci-après. De plus amples renseignements sur le calcul des équations et les coefficients du modèle qui en résultent peuvent être obtenus sur demande.

### Activité physique

Le POHEM-PA comporte quatre mesures de l'activité physique, d'après les données autodéclarées de l'ESCC<sup>23</sup> et de l'ENSP<sup>26</sup> :

- *Activité physique durant les loisirs* : aucune; > 0 à < 30 minutes par jour; ≥ 30 à < 60 minutes par jour; ≥ 60 minutes par jour;
- *Se déplace à pied aux fins de transport* : aucune; marche, mais pas plus de 5 heures par semaine; de 6 à 10 heures par semaine; plus de 10 heures par semaine;
- *Se déplace à vélo aux fins de transport* : non; oui;
- *Activités quotidiennes ou habitudes de travail* : assis(e); debout ou en train de marcher; porte des objets légers; porte des objets lourds.

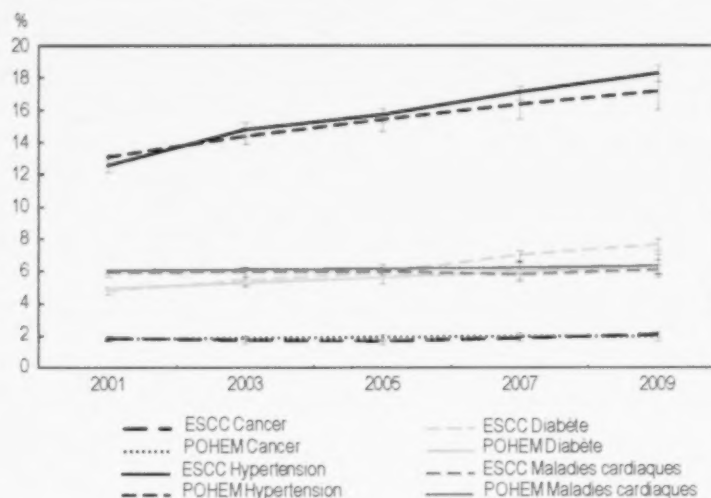
Pour chaque mesure, on a utilisé la régression logistique généralisée pour estimer les équations régissant la dynamique de l'évolution de l'activité physique basée sur les changements observés au niveau des personnes au cours de la période de 1994 à 2006 dans le cadre de l'ENSP. Ces équations ont été appliquées à partir de 2001 dans la simulation afin de prévoir l'activité physique future en fonction d'un certain nombre de covariables (tableau 1) qui, elles-mêmes, évoluent conjointement dans le temps dans la simulation.

Le modèle élaboré pour une mesure donnée de l'activité physique (par exemple, l'activité physique durant les loisirs) peut comporter d'autres types d'activité (par exemple, marche pour se déplacer), ce qui permet de saisir la corrélation temporelle dans l'activité physique ainsi que la corrélation entre différents types d'activité physique.

Les variables ont été choisies par sélection ascendante et en fonction

**Figure 2a**

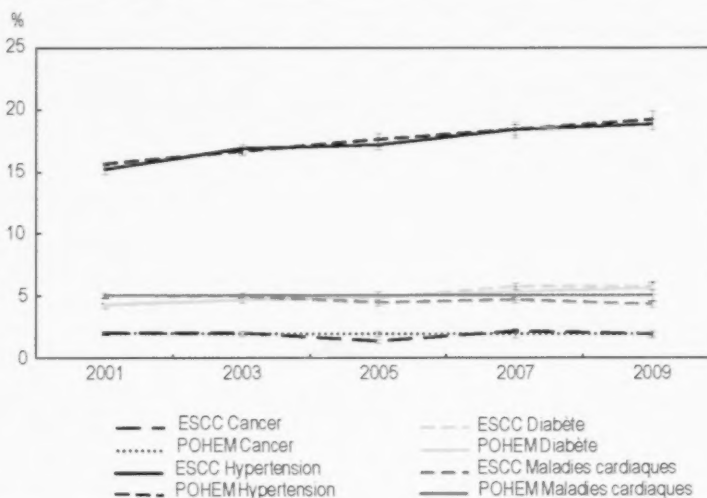
Prévalence estimée du cancer, du diabète, des maladies cardiaques et de l'hypertension chez les hommes, Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et simulation selon le Modèle de santé de la population (POHEM-PA), population à domicile âgée de 18 ans ou plus, Canada (excluant les territoires), 2001 à 2009



Nota : Les moustaches représentent un intervalle de confiance de 95 %.

**Figure 2b**

Prévalence estimée du cancer, du diabète, des maladies cardiaques et de l'hypertension chez les femmes, Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et simulation selon le Modèle de santé de la population (POHEM-PA), population à domicile âgée de 18 ans ou plus, Canada (excluant les territoires), 2001 à 2009



Nota : Les moustaches représentent un intervalle de confiance de 95 %.

des covariables possibles provenant de modèles simples (contenant uniquement la covariable candidate et l'âge). Un examen plus poussé pouvait entraîner l'ajout ou la suppression de variables issues de la solution automatisée initiale. Par exemple, la prise en compte de l'échantillonnage complexe de l'enquête pouvait révéler que les tests de signification utilisés par la sélection ascendante (qui ne tenait pas compte du plan d'enquête) étaient libéraux et incluaient des variables moins significatives que prévu. Les covariables qui semblaient significatives d'après les modèles « simples », mais qui n'avaient pas été retenues par la sélection ascendante, ont fait l'objet d'un examen visant à s'assurer qu'elles n'avaient pas été indûment omises. En raison de ce processus, les covariables comprises dans les modèles ne sont pas les mêmes pour chacune des quatre mesures de l'activité physique (tableau 1).

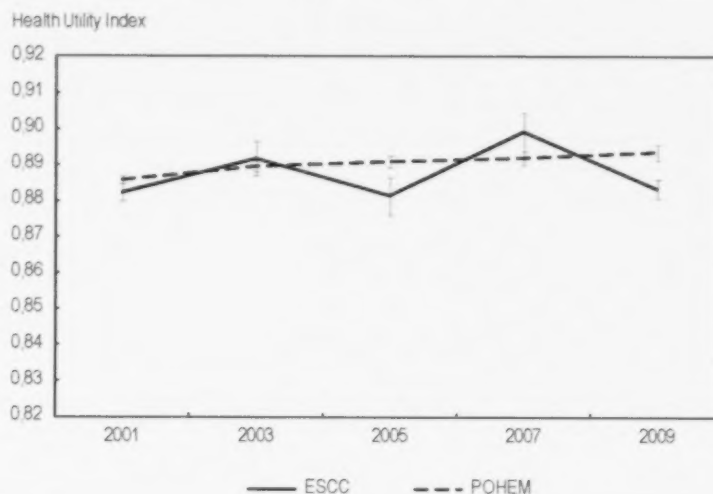
Comme les équations sont fondées sur les données de l'ENSP, qui sont recueillies tous les deux ans, les niveaux d'activité physique pour une personne donnée de la simulation sont mis à jour une année sur deux; la personne peut alors devenir plus active ou moins active ou conserver le même niveau d'activité. Bien que les quatre mesures de l'activité physique soient comprises dans le modèle, seuls les résultats pour l'activité physique durant les loisirs sont présentés ici. Les résultats pour les autres mesures peuvent être obtenus sur demande.

### Problèmes de santé chroniques

Dans le cadre de l'ESCC et de l'ENSP, les répondants devaient indiquer s'ils avaient un problème de santé chronique ayant été diagnostiqué par un professionnel de la santé. Les problèmes de santé inclus dans le POHEM-PA étaient les maladies cardiaques, le diabète, l'hypertension et le cancer. Les données de l'ENSP ont été utilisées pour modéliser l'apparition de ces problèmes au moyen d'une fonction de risque avec un ensemble similaire de covariables comme pour l'activité physique (tableau 1). De cette façon, un problème de santé chronique peut

**Figure 3a**

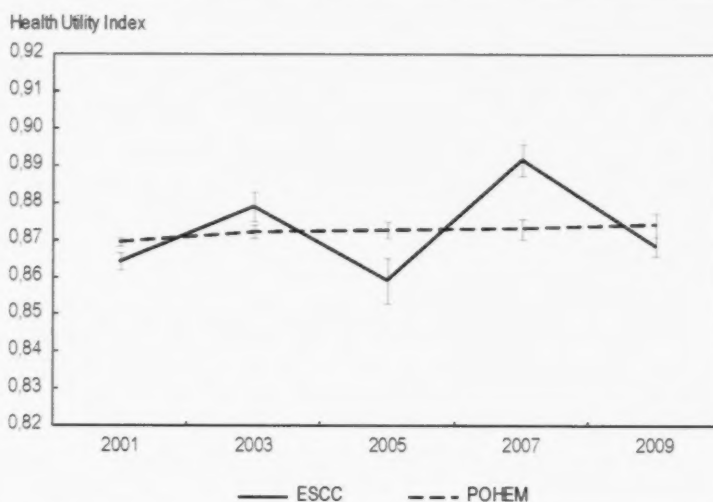
Score moyen estimé du *Health Utilities Index Mark 3* chez les hommes, Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et simulation selon le Modèle de santé de la population (POHEM-PA), population à domicile âgée de 18 ans ou plus, Canada (excluant les territoires), 2001 à 2009



Nota : Les moustaches représentent un intervalle de confiance de 95 %.

**Figure 3b**

Score moyen estimé du *Health Utilities Index Mark 3* chez les femmes, Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et simulation selon le Modèle de santé de la population (POHEM-PA), population à domicile âgée de 18 ans ou plus, Canada (excluant les territoires), 2001 à 2009



Nota : Les moustaches représentent un intervalle de confiance de 95 %.



survenir n'importe quand durant la vie simulée, plutôt qu'à intervalles discrets, comme au début ou à la fin de l'année.

La sélection des variables a été faite de façon similaire au processus semi-automatique décrit pour les modèles de l'activité physique. Toutefois, comme le POHEM-PA a été conçu pour évaluer l'effet de l'activité physique sur les résultats en matière de santé, les covariables de l'activité physique ont reçu un traitement préférentiel. Même si elles n'étaient pas significatives, elles pouvaient être maintenues dans le modèle si les coefficients étaient plausibles. En outre, des termes d'interaction comportant l'âge et/ou le sexe ont été ajoutés au modèle (non présentés au tableau 1).

### **Ce que l'on sait déjà sur le sujet**

- La modélisation par simulation informatique permet d'établir des projections des futurs niveaux d'activité physique et de la prévalence des résultats connexes en matière de santé.
- Les modèles doivent être conçus pour répondre à des questions précises pour des populations précises.

### **Ce qu'apporte l'étude**

- La plateforme du Modèle de santé de la population (POHEM) a été utilisée pour élaborer un modèle de microsimulation dynamique de l'activité physique au Canada, le POHEM-PA.
- Cet outil peut permettre une meilleure compréhension de la dynamique complexe de l'activité physique et des résultats en matière de santé à mesure que la population vieillit.
- Le POHEM-PA permet d'explorer des scénarios de simulation qui modifient les hypothèses de base dans une population donnée et, par conséquent, d'avoir un aperçu des conséquences possibles de tels changements.

Les problèmes de santé chroniques ne sont pas toujours chroniques. Une personne ayant une maladie peut être débarrassée de cette maladie (par exemple, être en rémission d'un cancer), d'après les équations de risque. Si ce genre de transition a lieu, la personne est de nouveau sujette à l'apparition de la maladie. Les covariables intervenant dans les équations de rémission constituent un sous-ensemble de celles présentées dans les équations de l'apparition de la maladie (tableau 1). Comme les rémissions sont observées moins fréquemment que les apparitions dans les données de l'ENSP, les modèles des rémissions ne peuvent pas inclure autant de covariables.

### **Qualité de vie liée à la santé et espérance de vie ajustée sur la santé**

Afin de calculer le *Health Utilities Index Mark 3* (HUI3)<sup>25</sup>, on a posé aux répondants de l'ESCC et de l'ENSP une série de questions portant sur leur santé fonctionnelle générale, laquelle repose sur huit attributs : la vue, l'ouïe, la parole, la cognition, la mobilité, la dextérité, l'état émotif et la douleur. La valeur maximale du HUI3 est 1,00, ce qui correspond à une santé parfaite, et la valeur minimale est -0,36 (une valeur négative indique que l'état de santé est si mauvais qu'il est considéré comme étant pire que le décès, qui a une valeur de 0). Le modèle met le *Health Utilities Index* (HUI) à jour en se basant sur d'autres caractéristiques de la personne, comme l'âge et les problèmes de santé chroniques (tableau 1).

Le HUI est nécessaire pour calculer l'espérance de vie ajustée sur la santé (EVAS). Chaque année vécue donne une unité (1) à l'espérance de vie (EV), et sa contribution à l'EVAS correspond au HUI durant cette année-là. Ainsi, l'EVAS augmente de 1 pour une personne en parfaite santé (HUI = 1); sinon, elle augmente d'une valeur inférieure à 1. Comme les 18 premières années de la vie ne sont pas explicitement simulées, on suppose qu'elles allouent 17 ans à l'EVAS. Cette hypothèse est basée sur les données de l'ENSP et de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé,

où on a observé un HUI moyen d'environ 94 % pour les garçons et les filles de 5 à 17 ans inclusivement.

Contrairement à l'activité physique, aux problèmes de santé chroniques et à la mortalité, la composante HUI du modèle a été construite au moyen des données de l'ESCC (cycle 1.1). Le HUI est considéré comme une fonction des caractéristiques actuelles de la personne; par conséquent, l'utilisation de données transversales était adéquate pour calculer les équations.

Après avoir procédé à une transformation linéaire pour faire en sorte que les valeurs du HUI soient limitées entre 0 et 1, on a supposé que le HUI suivait une distribution bêta, la moyenne et la variance étant une fonction des covariables présentées au tableau 1. La sélection des variables a été faite selon le même processus utilisé pour les problèmes de santé chroniques.

### **Mortalité**

Le moment du décès a été modélisé au moyen d'une fonction de risque fondée sur les données sur la mortalité de l'ENSP. Comme dans le cas des problèmes de santé chroniques, l'utilisation d'une fonction de risque fait en sorte que le décès peut survenir n'importe quand durant la vie simulée, plutôt qu'à intervalles discrets. Les covariables qui interviennent dans la fonction de risque sont énumérées au tableau 1. La sélection des variables a été faite selon le même processus utilisé pour les problèmes de santé chroniques.

### **Covariables**

Le logiciel de simulation accroît automatiquement l'âge et l'année civile. Chacune des autres covariables du tableau 1 qui varient dans le temps a une équation permettant de projeter celles-ci dans l'avenir. Des transitions de deux ans ont été modélisées à l'aide des données de l'ENSP et ces transitions comportaient un certain nombre de covariables. Le niveau de scolarité et le revenu ont été modélisés en tant que variables catégoriques selon un modèle logit généralisé autorégressif. L'IMC a été modélisé avec un modèle

autorégressif, avec les catégories présentées au tableau 1 dérivées de la variable continue IMC. L'usage du tabac a été modélisé au moyen de chaînes de Markov du quatrième ordre, avec des transitions qui sont conditionnelles au groupe d'âge, au sexe et aux antécédents d'usage du tabac. De plus amples renseignements sur le calcul des équations et les coefficients du modèle qui en résultent peuvent être obtenus sur demande.

### **Comparaison des projections du POHEM-PA avec les données observées**

Les projections des tendances du niveau d'activité physique, de la prévalence de maladies chroniques et du HUI pour 2001 à 2009 établies à partir du POHEM-PA étaient similaires à celles tirées de l'ESCC. Les figures 1a à 3b sont basées sur les données de l'ESCC et les estimations du POHEM-PA. Elles présentent les pourcentages d'adultes qui s'adonnent à divers niveaux d'activité physique durant les loisirs (figures 1a et 1b), la prévalence de l'hypertension, des maladies cardiaques, du diabète et du cancer (figures 2a et 2b) et les scores moyens du HUI3 (figures 3a et 3b). Ces figures présentent les résultats pour les hommes et les femmes âgés de 18 ans ou plus; les résultats affichaient un niveau de concordance similaire lorsque l'examen était effectué par groupes d'âge (de 18 à 29 ans, de 30 à 39 ans, de 40 à 49 ans, de 50 à 59 ans, de 60 à 69 ans, de 70 à 79 ans, 80 ans ou plus) (données non présentées). Le degré de similitude entre les projections et les résultats de l'ESCC est une indication de la plausibilité du POHEM-PA.

### **Limites**

Le POHEM-PA comporte un certain nombre de limites. Les questions sur les maladies chroniques de l'ESCC et de l'ENSP n'ont pas été conçues pour servir à l'élaboration de ce modèle. Par exemple, les répondants n'avaient pas à préciser s'il s'agissait du diabète de type 1 ou de type 2, alors qu'on ne

s'attend pas à ce que l'incidence et la prévalence du diabète de type 1 soient reliées aux niveaux d'activité physique. Cependant, le diabète de type 1 touche un pourcentage relativement faible de personnes ayant le diabète (de 5 % à 10 %<sup>31</sup>). De même, les répondants n'avaient pas à préciser les types de cancer, alors que certains types semblent liés au niveau d'activité physique, et d'autres pas. D'ailleurs, les répondants ne disposaient d'aucune indication quant aux problèmes de santé qu'ils devaient considérer comme des « maladies cardiaques ».

En outre, les données sur les problèmes de santé chroniques sont autodéclarées et peuvent donc être entachées d'un biais d'interprétation, de remémoration ou de réponse. Par ailleurs, les données autodéclarées peuvent être fiables. Par exemple, contrairement aux résultats d'un examen ayant conclu que la reconnaissance de l'hypertension était faible et très variable<sup>32</sup>, une étude représentative de la population nationale menée récemment révèle que l'autodéclaration est relativement exacte dans le cas de l'hypertension<sup>33</sup>. Bien que l'hypertension soit généralement asymptomatique, on estime que 83 % des adultes canadiens souffrant d'hypertension ont effectivement déclaré qu'ils avaient ce problème de santé. De plus, malgré les limites des données autodéclarées, il est parfois impossible d'obtenir des données mesurées directement. Des enquêtes représentatives de la population nationale ont recueilli de telles données lors d'examens effectués dans des centres mobiles, mais dans le cas des personnes traitées au moyen de médicaments, ces examens ne permettaient pas de dépister l'hypertension. De même, il est impossible de déterminer la présence ou l'absence de cancer dans ces conditions.

L'activité physique était autodéclarée, de sorte que les réponses risquaient de présenter des problèmes liés au biais et à la désirabilité sociale<sup>34</sup>. Les mesures fondées sur un accéléromètre se traduisent par des niveaux d'activité physique beaucoup plus faibles<sup>34</sup>, mais comme de telles données ne sont recueillies que depuis peu de temps (pour 2007

à 2009 et 2009 à 2011 au Canada<sup>35</sup>, et pour 2003 à 2004 et 2005 à 2006 aux États-Unis<sup>36</sup>), il n'est pas encore possible de dégager des tendances. En outre, les données tirées d'un accéléromètre ne précisent pas le but de l'activité physique (loisirs, travail ou transport), de sorte qu'il serait impossible de déterminer si le niveau d'activité augmente dans un domaine, mais diminue dans les autres.

Les données canadiennes sur l'activité physique présentent d'autres limites telles que les modifications apportées à la définition de « être actif physiquement », la formulation des questions et le recours à des interviews téléphoniques plutôt qu'à des interviews sur place<sup>37</sup>. Néanmoins, les résultats de l'ESCC et de l'ENSP concordent généralement avec ceux des enquêtes d'autres pays, qui révèlent que les niveaux d'activité physique durant les loisirs sont stables ou à la hausse chez les adultes<sup>38-40</sup>. Toutefois, les tendances internationales semblent démontrer que l'activité physique en dehors des loisirs (travail ou transport) est à la baisse, alors que les données de l'ENSP signalent une légère hausse. C'est peut-être parce que l'ENSP utilise des mesures superficielles de l'activité physique liée au travail ou au transport et en raison d'une possible déclaration en double de l'activité<sup>37</sup>.

Une autre limite du POHEM-PA tient au fait qu'il ne reflète pas la nature dynamique de certaines caractéristiques, comme la consommation d'alcool.

Le modèle est restreint aux projections des résultats pour lesquels il a été conçu : l'activité physique, certains problèmes de santé chroniques, le HUI, l'EVAS et l'espérance de vie. Il faudrait y apporter des modifications afin d'inclure d'autres problèmes de santé liés à l'activité physique comme l'accident vasculaire cérébral, la dépression et les blessures, et des covariables comme la sédentarité. Cependant, des données suffisantes et appropriées sont nécessaires à de telles modifications. L'élaboration d'un modèle est idéalement un processus itératif, qui prévoit des mises à jour à mesure que l'on obtient de nouvelles données et que l'on comprend mieux la relation entre les attributs simulés (par exemple,

facteurs de risque, état de santé). Bien que la version actuelle du POHEM-PA ne modélise pas tous les problèmes de santé liés à l'activité physique, la modélisation de l'association avec le HUI et la mortalité permet de saisir la contribution de l'activité physique à la perte de la santé et aux décès résultant de maladies non explicitement modélisées.

## Conclusion

Le POHEM est le premier modèle de microsimulation dynamique de l'activité physique représentatif de la population canadienne. Plutôt que de simplement extrapoler les tendances actuelles, le POHEM-PA tient compte des changements dans le temps touchant le niveau d'activité physique, l'âge, l'IMC et les maladies chroniques des personnes. En outre, le POHEM-PA permet d'explorer des scénarios de simulation qui modifient les hypothèses de base et, par conséquent,

d'avoir un aperçu des conséquences possibles de tels changements. Par exemple, « si tout le monde s'adonnait à 30 à 60 minutes d'activité physique par jour, quel serait l'effet sur l'espérance de vie, l'EVAS, le HUI et la prévalence des maladies cardiaques, du diabète, de l'hypertension et du cancer? ».

Bien que conçu pour faire des projections, la modélisation par microsimulation améliore souvent notre compréhension de la façon dont les facteurs sont interreliés et dont les changements touchant l'un de ces facteurs peuvent influencer sur les autres. L'examen de la façon dont un modèle est construit peut favoriser la discussion au sujet des paramètres ayant été inclus et des hypothèses ayant été formulées et faire ressortir les lacunes dans les connaissances et les données.

Les données autodéclarées sur l'activité physique, telles qu'elles sont recueillies à l'heure actuelle dans les enquêtes, présentent des biais qui ont été

bien décrits. Néanmoins, un ensemble cohérent et plausible d'équations a été établi à partir des données autodéclarées. Malgré ses limites, le POHEM-PA est un outil puissant pour explorer la dynamique complexe de l'activité physique et des résultats en matière de santé à mesure que la population vieillit. ■

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Geoff Rowe et Didier Garriguet de Statistique Canada ainsi que Jan Trumble Waddell, Victoria Edge et Daniel Gillis de l'Agence de la santé publique du Canada pour leur participation à l'élaboration du POHEM-PA. Doug Manuel est titulaire d'une chaire en santé publique appliquée des Instituts de recherche en santé du Canada et de l'Agence de la santé publique du Canada.

## Références

- Physical Activity Guidelines Advisory Committee, *Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report*, 2008, Washington, D.C., U.S. Department of Health and Human Services, 2008.
- D.E.R. Warburton, S. Charlesworth, A. Ivey *et al.*, « A systematic review of the evidence for Canada's Physical Activity Guidelines for Adults », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 2010, p. 39-259.
- D.H. Paterson et D.E.R. Warburton, « Physical activity and functional limitations in older adults: a systematic review related to Canada's Physical Activity Guidelines », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 2010, p. 38-60.
- R.C. Colley, D. Garriguet, I. Janssen *et al.*, « Activité physique des adultes au Canada : résultats d'accélérométrie de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé de 2007-2009 », *Rapports sur la santé*, 22(1), 2011, p. 7-15.
- C.M. Rutter, A.M. Zaslavsky et E.J. Feuer, « Dynamic microsimulation models for health outcomes: a review », *Medical Decision Making*, 31, 2011, p. 10-18.
- S. Glied et N. Tilipman, « Simulation modeling of health care policy », *Annual Review of Public Health*, 31, 2010, p. 439-455.
- D. Fone, S. Hollinghurst, M. Temple *et al.*, « Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery », *Journal of Public Health Medicine*, 25, 2003, p. 325-335.
- J.S. Koopman, S.E. Chick, C.P. Riolo *et al.*, « Stochastic effects of disseminating versus local infection transmission », *Mathematical Biosciences*, 180(1), 2002, p. 49-71.
- F. Loeve, R. Boer, G.J. van Oortmarssen *et al.*, « The MISCAN-COLON simulation model for the evaluation of colorectal cancer screening », *Computers and Biomedical Research*, 32, 1999, p. 13-33.
- W.M. Flanagan, C. Le Petit, J.M. Berthelot *et al.*, « Effets potentiels du dépistage en population du cancer colorectal au Canada », *Maladies chroniques au Canada*, 24(4), 2003, p. 91-99.
- A. Basu, « Forecasting distribution of body mass index in the United States: is there more room for growth? », *Medical Decision Making*, 30(3), 2010, p. E1-E11.
- D.M. Eddy et L. Schlessinger, « Archimedes: A trial-validated model of diabetes », *Diabetes Care*, 26, 2003, p. 3093-3101.
- H. Zhou, D.J.M. Isaman, S. Messinger *et al.*, « A computer simulation model of diabetes progression, quality of life, and cost », *Diabetes Care*, 28, 2005, p. 2856-2863.
- H.Y. Kang, S.K. Ko et D. Liew, « Results of a Markov model analysis to assess the cost-effectiveness of statin therapy for the primary prevention of cardiovascular disease in Korea: the Korean Individual-Microsimulation Model for Cardiovascular Health Interventions », *Clinical Therapy*, 31, 2009, p. 2919-2930.

**Élaboration d'un modèle de microsimulation de l'activité physique représentatif de la population canadienne • Coup d'œil méthodologique**

15. M.C. Wolfson, « POHEM - a framework for understanding and modelling the health of human populations », *World Health Statistics Quarterly*, 47, 1994, p. 157-176.
16. W.K. Evans, B.P. Will, J.M. Berthelot et M.C. Wolfson, « Estimating the cost of lung cancer diagnosis and treatment in Canada: The POHEM model », *The Canadian Journal of Oncology*, 5, 1995, p. 408-419.
17. C.C. Earle et W.K. Evans, « Cost-effectiveness of paclitaxel plus cisplatin in advanced non-small-cell lung cancer », *British Journal of Cancer*, 80, 1999, p. 815-820.
18. B.P. Will, C. Le Petit, J.M. Berthelot et al., « Diagnostic and therapeutic approaches for nonmetastatic breast cancer in Canada, and their associated costs », *British Journal of Cancer*, 79, 1999, p. 1428-1436.
19. B.P. Will, K.M. Nobrega, J.M. Berthelot et al., « First do no harm: Extending the debate on the provision of preventive tamoxifen », *British Journal of Cancer*, 85, 2001, p. 1280-1288.
20. J.A. Kopeck, E.C. Sayre, W.M. Flanagan et al., « Development of a population-based microsimulation model of osteoarthritis in Canada », *Osteoarthritis and Cartilage*, 18, 2010, p. 303-311.
21. N. Berkowitz, S. Gupta et G. Silberman, « Estimates of the lifetime direct costs of treatment for metastatic breast cancer », *Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*, 3, 2000, p. 23-30.
22. C. Schilling et P. O'Connor, « The benefits of interventions to reduce smoking during pregnancy: A microsimulation application for New Zealand », *Proceedings of the 3rd General Conference of the International Microsimulation Association*, 2011 June 8-10, Stockholm, Sweden, International Microsimulation Association, 2011, disponible à l'adresse [http://www.scb.se/Pages/Standard\\_332371.aspx](http://www.scb.se/Pages/Standard_332371.aspx).
23. Statistique Canada, *Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes*, disponible à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/survey-enquete/household-menages/3226-fra.htm> (consulté le 24 mars 2011).
24. Y. Béland, « Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes - aperçu de la méthodologie », *Rapports sur la santé*, 13(3), 2002, p. 9-14.
25. D. Feeny, D. Furlong, W. Torrance, G. et al., « Multiattribute and single-attribute utility functions for the Health Utilities Index Mark 3 System », *Medical Care*, 40, 2002, p. 113-128.
26. Statistique Canada, *Enquête nationale sur la santé de la population*, disponible à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/survey-enquete/household-menages/3225-fra.htm> (consulté le 24 mars 2011).
27. L. Swain, G. Catlin et M.P. Beaudet, « Enquête nationale sur la santé de la population - une enquête longitudinale », *Rapports sur la santé*, 10(4), 1999, p. 73-89.
28. J.L. Tambay et G. Catlin, « Plan d'échantillonnage de l'Enquête nationale sur la santé de la population », *Rapports sur la santé*, 7(1), 1995, p. 33-43.
29. Statistique Canada, *Statistiques sur le cancer 2005* (n° 84-601-XIF au catalogue), disponible à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/pub/84-601-x/84-601-x2005001-fra.htm> (consulté le 21 mars 2011).
30. M.V. George, S. Loh, R.B.P. Verma et Y.E. Shin, *Projections démographiques pour le Canada, les provinces et les territoires, 2000-2006* (n° 91-520-XPB au catalogue) Ottawa, Statistique Canada, 2001.
31. Agence de la santé publique du Canada, *La diabète au Canada - deuxième édition*, disponible à l'adresse <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/dic-dac2/francais/03foreword-fra.php> (consulté le 1er février 2011).
32. S. Connor Gorber, M.S. Tremblay, N. Campbell et J. Hardt, « The accuracy of self-reported hypertension: a systematic review and meta-analysis », *Current Hypertension Reviews*, 4, 2008, p. 36-62.
33. K. Wilkins, N.R.C. Campbell, M.R. Joffres et al., « Tension artérielle des adultes au Canada », *Rapports sur la santé*, 21(1), 2010, p. 37-46.
34. S.A. Prince, K.B. Adamo, M.E. Hamel et al., « A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5, 2008, p. 56-80. doi:10.1186/1479-5868-5-56.
35. Statistique Canada, *Enquête canadienne sur les mesures de la santé*, disponible à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/survey-enquete/household-menages/5071-fra.htm> (consulté le 13 mai 2013).
36. Centers for Disease Control and Prevention, *National Health and Nutrition Examination Survey*, disponible à l'adresse [http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/about\\_nhanes.htm](http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/about_nhanes.htm) (consulté le 1er février 2011).
37. P.T. Katzmarzyk et M.S. Tremblay, « Limitations of Canada's physical activity data: implications for monitoring trends », *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 32, 2007, p. S185-S194.
38. A.G. Knuth et P.C. Hallal, « Temporal trends in physical activity: a systematic review », *Journal of Physical Activity and Health*, 6, 2009, p. 548-559.
39. F.X. Li, P.J. Robson, Y. Chen et al., « Prevalence, trend, and sociodemographic association of five modifiable lifestyle risk factors for cancer in Alberta and Canada », *Cancer Causes Control*, 20, 2009, p. 395-407.
40. S.A. Carlson, D. Densmore, J.E. Fulton et al., « Differences in physical activity prevalence and trends from 3 US surveillance systems: NHIS, NHANES, and BRFSS », *Journal of Physical Activity and Health*, 6 (Suppl. 1), 2009, p. S18-S27.